

TiO₂ 単結晶基板に吸着した配位子結合 PbS 量子ドットの光吸収 - 光音響分光法と吸光度分光法による評価 -

Optical Absorption of PbS Quantum Dots with Ligands on Single Crystal TiO₂

- Comparative Study of Photoacoustic and Absorbance Spectroscopies -

電通大¹, 分光計器(株)² ○豊田 太郎¹, 沈 青¹, 中澤 直樹¹,

吉原 泰葉¹, 神山 慶太², 早瀬 修二¹

Univ. Electro-Commun.¹, Bunkoukeiki Co., Ltd.² ○Taro Toyoda¹, Qing Shen¹, Naoki Nakazawa¹,

Yasuha Yoshihara¹, Keita Kamiyama², Shuzi Hayase¹

E-mail: toyoda@pc.uec.ac.jp

半導体量子ドット(QD)増感太陽電池は高い変換効率を発現する可能性を秘めている。しかし現実の変換効率は低く、ナノヘテロ界面の検討が重要となる。一般に増感太陽電池に適用する TiO₂ ナノ粒子集合基板は、①各種欠陥分布、②粒界分布、③吸着サイトが不明確で QD の電子状態の評価を妨げる。そのため吸着した QD の電子状態の基礎的な解明には、各種特性が検討されている単結晶基板の適用がナノヘテロ界面の研究に意味を持つ[1,2]。一方、従来の単結晶基板を適用した報告に関しては、QD 間隔が基板上にランダムに分布した系が対象であった。

今回、PbS QDs の光吸収の QD 間距離・吸着基板面依存性について報告する。QD 間距離制御のため、交互吸着法により配位子結合 QD 系を作製した。基板結晶としてルチル型 TiO₂ (001), (110), (111)面を適用した。光吸収評価には光音響(PA)法と従来の吸光度(Abs)法を適用した。また QD 基底状態評価のため光電子収量(PY)法を適用した。PA 法は高感度であり無輻射緩和を反映するため、Abs 法とは異なる格子緩和や非弾性散乱等の信号が出現する[3,4]。図 1(PA), 2(Abs)に Urbach 則(指数関数的光吸収域)を特徴づける勾配因子 σ の、(111)面上における QD 間隔依存性を示す。 σ の値は格子不整や電子・格子相互作用、太陽電池の開放電圧に関連する。図 1, 2 から Urbach 則は PA 評価と Abs 評価で異なる。また(001), (110)面上では上記(111)面上とは異なる依存性を示した。従来の理論では PA 信号は光吸収係数に比例するため、PA 法と Abs 法から求まる σ は一致する。しかし測定結果は理論とは異なる。PA 評価からは、吸着により形成された格子不整や電子・格子相互作用の違いにより、それぞれの素過程において無輻射緩和効率が異なることを示唆している。

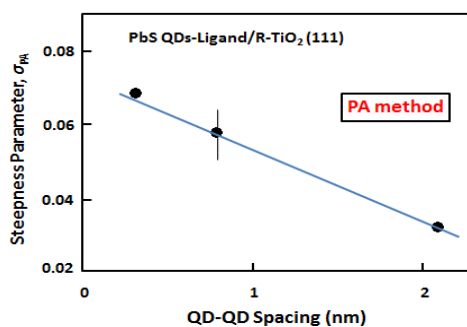


図 1. PA 法における σ 値の QD 間隔依存性

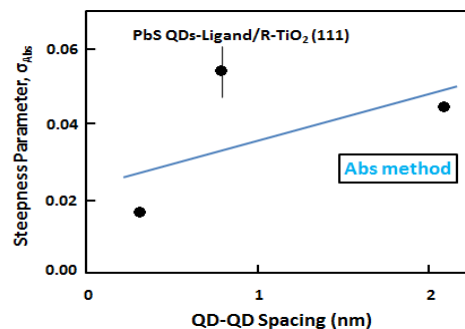


図 2. Abs 法における σ 値の QD 間隔依存性

[1] L. Etgar *et al.*, *Adv. Mater.* **24**, 2202 (2012).

[2] T. Toyoda *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **122**, 13590 (2018).

[3] T. Toyoda *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 2907 (1995).

[4] T. Toyoda *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **59**, 3657 (1991).